



Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ
 Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường

website: sj.ctu.edu.vn

DOI:10.22144/ctu.jvn.2018.124

PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ CHUNG CÁT MÀNG TIẾP XÚC TRỰC TIẾP DẠNG NHÚNG CHÌM ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC NHIỄM MẶN

Ngô Thị Trà My¹, Nguyễn Công Nguyên², Nguyễn Thị Hậu² và Bùi Xuân Thành^{3*}

¹Học viên cao học ngành Kỹ thuật Môi trường, khóa 2016, Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh

²Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Đà Lạt

³Bộ môn Khoa học và Công nghệ nước, Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Bùi Xuân Thành (email: bxthanh@hcmut.edu.vn)

ABSTRACT

Direct contact membrane distillation (DCMD) is a simple configuration that is commonly used in membrane distillation. This study is aimed to develop a DCMD technology for treating saline water with the use of a submerged tubular polytetrafluoroethylene membrane module. The change of feed temperature was operated to investigate its effect on permeate flux as well as distilled water quality. Feed temperatures varied from 40 to 60°C with the fixed operating parameters (cooling temperature of 22 ± 1°C, membrane pore size of 0.45 μm, total dissolved solids of feed water of 5,000 mg/L). The results showed that the permeate flux increased with an increase in feed temperature, but membrane layer (top layer) was swollen when the feed temperature was rising high. In this study, the feed temperature of 60°C was observed to be the optimum feed temperature with a permeate flux of 4.47 L/m²h. It indicates that the proposed DCMD system could treat saline water effectively with the salt removal of greater than 99.45%.

TÓM TẮT

Chung cát màng tiếp xúc trực tiếp (DCMD) trong nghiên cứu này là một cấu hình đơn giản có thể được phát triển và sử dụng phổ biến trong công nghệ chung cát màng. Nghiên cứu này đã phát triển và thử nghiệm công nghệ DCMD để xử lý nước nhiễm mặn với việc sử dụng màng Polytetrafluoroethylene. Đồng thời, sự thay đổi của nhiệt độ đầu vào cũng được khảo sát nhằm đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ đến thông lượng dòng thấm cũng như chất lượng nước cất. Nhiệt độ đầu vào được thay đổi từ 40 đến 60°C với các thông số cố định bao gồm nhiệt độ làm mát ở 22 ± 1°C, kích thước lỗ rỗng màng 0,45 μm, và nồng độ tổng chất rắn hòa tan đầu vào khoảng 5.000 mg/L. Kết quả khảo sát cho thấy thông lượng dòng thấm tăng lên cùng với sự tăng lên của nhiệt độ nước đầu vào, tuy nhiên khi nhiệt độ quá cao, màng dễ bị suy giảm cấu trúc (bị phá hủy) và ảnh hưởng đến chất lượng nước cất dòng ra. Trong nghiên cứu này, nhiệt độ nước đầu vào 60°C cho hiệu quả chung cát cao với thông lượng dòng thấm đạt được 4,47 L/m²h. Hệ thống DCMD thử nghiệm này có khả năng xử lý nước nhiễm mặn đạt hiệu suất xử lý muối cao, trên 99,45%.

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 10/01/2018

Ngày nhận bài sửa: 24/05/2018

Ngày duyệt đăng: 29/10/2018

Title:

Development of submerged direct contact membrane distillation system for saline water treatment

Từ khóa:

Chung cát màng, chung cát màng tiếp xúc trực tiếp, khử mặn, nước nhiễm mặn

Keywords:

Desalination, direct contact membrane distillation, membrane distillation, saline water

Trích dẫn: Ngô Thị Trà My, Nguyễn Công Nguyên, Nguyễn Thị Hậu và Bùi Xuân Thành, 2018. Phát triển công nghệ chung cát màng tiếp xúc trực tiếp dạng nhúng chìm để xử lý nước nhiễm mặn. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 54(7A): 66-71.

1 GIỚI THIỆU

Nhu cầu sử dụng nước ngày càng tăng và đưa ra nhiều thách thức lớn trong những thập kỷ tới (Pugsley *et al.*, 2016). Hơn nữa, sự biến đổi khí hậu đang diễn biến ngày càng phức tạp, đặc biệt hiện tượng mực nước biển dâng cao đã ảnh hưởng đến sự xâm nhập mặn vào nội địa và làm giảm lượng nước ngọt. Vì vậy, để đáp ứng nhu cầu nước ngọt, các nhà máy khử mặn xuất hiện ngày càng nhiều. Vào năm 2014, có khoảng 19.000 nhà máy khử mặn với tổng công suất gần 60 triệu m³/ngày đã được lắp đặt trên toàn thế giới (Gorjian and Ghobadian, 2015). Một số ví dụ điển hình như nhà máy khử mặn ứng dụng công nghệ chưng cất đa hiệu ứng (MED) - JWAP do SIDEM của Pháp xây với công suất 800.000 m³/ngày sử dụng 27 đơn vị MED; nhà máy khử mặn bằng công nghệ RO - Sorek, Israel 624.000 m³/ngày sử dụng các màng 16 inch; một số đơn vị ED được lắp đặt tại Texas... Trong số các công nghệ khử mặn đó, công nghệ chưng cất và công nghệ màng chiếm phần lớn trong các nhà máy khử mặn trên thế giới, nhưng vẫn tồn tại một số hạn chế như tiêu thụ năng lượng lớn và chi phí xây dựng, vận hành cao, không xử lý được nước muối cô đặc có độ mặn cao. Để khắc phục những vấn đề trên, công nghệ chưng cất màng (MD) ra đời và được sử dụng để khử mặn với nồng độ cao (Khalifa *et al.*, 2017). So với các công nghệ khác, MD ngày càng hấp dẫn vì ít chiếm diện tích, giá thành thấp, xây dựng dễ dàng, tiêu thụ năng lượng thấp và có khả năng loại bỏ gần như 100%

các ion và chất hữu cơ không bay hơi (Duong và *ctv.*, 2015).

MD là một sự kết hợp của công nghệ chưng cất và công nghệ màng (Tijing *et al.*, 2015). Nguyên tắc hoạt động của MD là quá trình vận chuyển hơi nước bằng nhiệt qua màng kỵ nước (Eykens *et al.*, 2017). Chưng cất màng tiếp xúc trực tiếp (DCMD) là một trong những cấu hình đơn giản nhất của MD và vận hành dễ dàng, không đòi hỏi một bình ngưng bên ngoài (Khayet, 2011). Trong hệ thống DCMD, cả dòng vào và dòng thấm đều tiếp xúc trực tiếp với màng, sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt màng tạo ra sự chênh lệch về áp suất hơi qua màng, làm cho hơi nước phía dòng nóng thấm qua các lỗ màng và ngưng tụ ở dòng lạnh (Khalifa *et al.*, 2017). Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm nghiên cứu và phát triển công nghệ DCMD trong xử lý nước nhiễm mặn, đồng thời khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ đến thông lượng và khả năng xử lý của hệ thống sử dụng màng kỵ nước được làm từ vật liệu Polytetrafluoroethylene (PTFE). Nhiệt độ dòng vào được thay đổi và tăng dần từ 40, 50, 60°C. Thông lượng dòng thấm và hàm lượng nồng độ tổng chất rắn hòa tan (TDS) đầu ra được đo liên tục trong suốt quá trình nghiên cứu.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Vật liệu

Màng MD dạng ống nhúng chìm sử dụng trong nghiên cứu này được làm bằng vật liệu PTFE có xuất xứ từ Đài Loan với các thông số được đưa ra trong Bảng 1.

Bảng 1: Các thông số về màng PTFE MD (Công ty Sáng tạo Ray-E, Đài Loan)

STT	Thông số	Đơn vị tính	Giá trị
1	Kích thước lỗ rỗng màng	µm	0,45
2	Góc tiếp xúc	°	125 ± 4
3	Chiều dày lớp màng hoạt tính	mm	0,2
4	Độ rỗng	%	80
5	Vật liệu màng	-	PTFE
6	Vật liệu đệm	-	PET
7	Diện tích hiệu dụng	m ²	0,02
8	Kích thước màng L x W	mm	252 x 90
9	Nhiệt độ vận hành của màng	°C	120

Nước đầu vào trong nghiên cứu là nước ngầm được lấy ở huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre với nồng độ TDS là 5.000 mg/L. Tính chất của nước đầu vào được thể hiện ở Bảng 2.

Bảng 2: Các thông số nước đầu vào

STT	Thông số	Đơn vị tính	Giá trị
1	pH	-	7,6 ± 0,4
2	TDS	mg/L	5000 ± 300
3	Độ mặn	g/L	4,8 ± 0,8
4	Chloride	mg/L	2800 ± 360
5	Sulfate	mg/L	142,7 ± 26,0

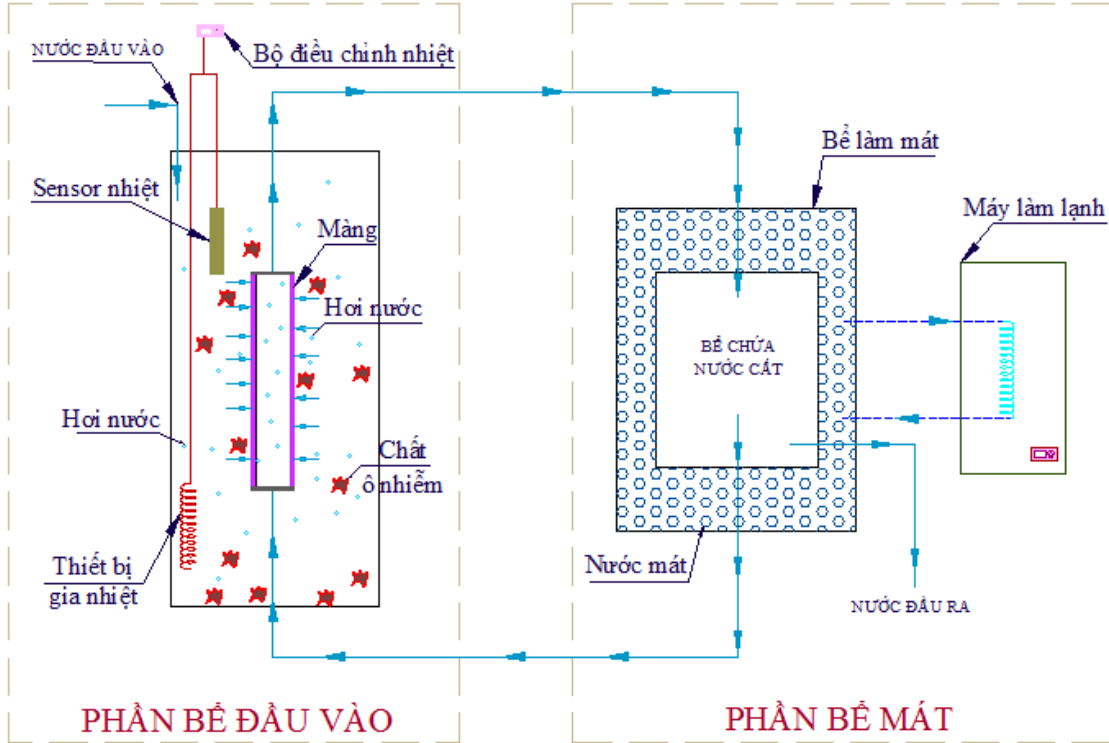
Nước cất một lần được sử dụng để làm mát và được tuần hoàn liên tục nhằm ngưng tụ hơi nước qua màng.

2.2 Mô hình và phương pháp nghiên cứu

Hệ thống gồm 2 phần chính như Hình 1: phần bể đầu vào và phần bể mát. Phần bể đầu vào với thể tích nước 15 mL dùng để chứa nước nhiễm mặn gồm một hệ thống màng PTFE, thiết bị gia nhiệt và sensor nhiệt để điều chỉnh nhiệt độ đầu vào như thiết kế. Tính chất kỵ nước của màng chi

cho phép hơi nước đi qua lỗ màng nhờ sức căng bề mặt (Khayet, 2011). Khi nước trong bể đầu vào nóng lên nhờ thiết bị gia nhiệt, nước bốc hơi và hơi nước đi qua màng, sau đó ngưng tụ tại phía mặt trong của màng nhờ dòng nước mát được tuần hoàn liên tục. Phần bể mát với thể tích 3,5 mL, bao gồm các bộ phận: máy làm mát, bể làm mát và bể chứa nước cất. Máy làm mát có tác dụng điều

chỉnh nhiệt độ nước trong bể làm mát và bể làm mát với nhiệt độ thấp và ổn định này sẽ làm giảm nhiệt độ dòng nước cất xuống, tạo điều kiện ngưng tụ hơi nước qua màng. Quá trình này làm tăng lượng nước trong bể chứa nước cất, khi vượt quá mực nước quy định, nước sẽ tự động chảy vào ống đong, từ đó việc kiểm tra thông lượng và chất lượng nước cất được thực hiện.



Hình 1: Sơ đồ hệ thống DCMD trong quá trình xử lý nước nhiễm mặn

Các thí nghiệm được khảo sát ở sự thay đổi của nhiệt độ đầu vào (40, 50 và 60°C). Sau 9 ngày đầu với nhiệt độ 40°C, hệ thống được tiếp tục vận hành với nhiệt độ 50°C trong vòng 8 ngày, và sau đó chuyển qua vận hành với nhiệt độ 60°C trong vòng 9 ngày tiếp theo. Chỉ nhiệt độ nước vào thay đổi và các thông số khác không đổi. Đồng thời, khảo sát ảnh hưởng của độ mặn cũng được tiến hành với các nguồn nước nhiễm mặn được thu thập với các độ mặn khác nhau là 5, 15 và 23 ppt. Mỗi thí nghiệm với độ mặn được thực hiện trong 10 ngày.

Nhiệt độ bể mát được duy trì trong khoảng 21 - 23°C. Mô hình hoạt động liên tục, nhiệt độ trong bể đầu vào và bể chứa nước cất luôn được kiểm soát trong quá trình kiểm tra thông lượng.

Hàm lượng TDS của mẫu nước đầu vào và nước cất được đo liên tục bằng cách sử dụng thiết bị đo HI 9812-5 (Công ty Hanna instruments, Châu Âu).

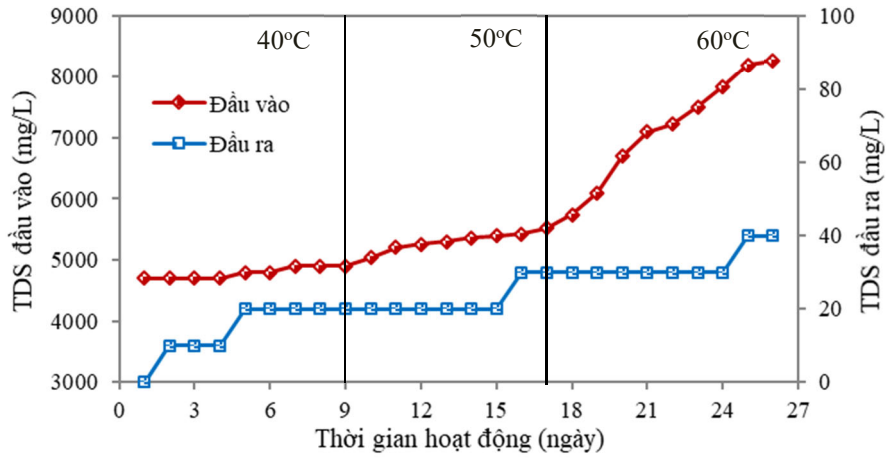
Hiệu quả xử lý của hệ thống được tính toán bằng công thức dưới đây:

$$H = \frac{TDS_{vào} - TDS_{ra}}{TDS_{vào}} \times 100\%$$

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Sự ảnh hưởng của nhiệt độ đầu vào đến chất lượng nước cất

Trong quá trình hoạt động của hệ thống, việc khảo sát hàm lượng TDS được thực hiện liên tục và kết quả được đưa ra dưới Hình 2.



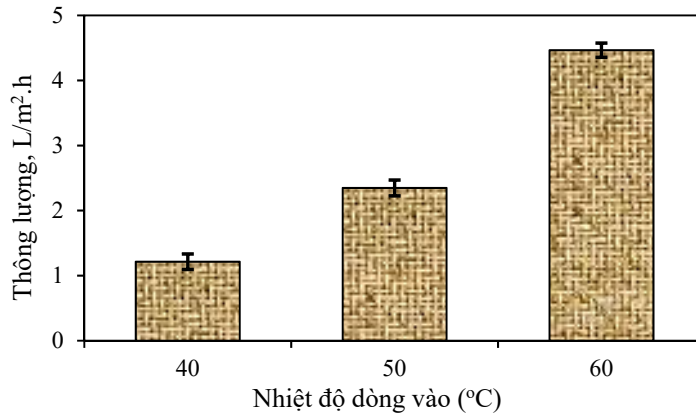
Hình 2: Ảnh hưởng của nhiệt độ đầu vào đến nồng độ TDS

Ở giai đoạn nhiệt độ đầu vào 40°C, nồng độ TDS đầu vào không thay đổi nhiều, nằm trong khoảng 4.700 – 4.900 mg/L, nguyên nhân do nhiệt độ trong bể đầu vào thấp, nước bốc hơi qua màng ít, dẫn đến nồng độ đầu vào không thay đổi nhiều qua các ngày vận hành. Đối với đầu ra, TDS dao động trong khoảng 0 – 20 mg/L. Hiệu quả xử lý đạt trên 99,59%. Tại nhiệt độ đầu vào ở 50°C, nồng độ TDS trong bể đầu vào tăng dần qua các ngày, từ 5.040 - 5.520 mg/L. Điều này có thể giải thích do nhiệt độ đầu vào tăng, nước bốc hơi và đi qua màng, chất rắn hòa tan trong bể đầu vào bị tích tụ qua các ngày. Đối với đầu ra, TDS trong khoảng 20 – 30 mg/L, hiệu quả xử lý đạt trên 99,45%. Qua đến 60°C, TDS trong bể màng tăng khá nhanh, từ

5.740 – 8.260 mg/L. TDS đầu ra dao động trong khoảng từ 30 – 40 ppm, với hiệu quả xử lý đạt trên 99,48%. Sự thay đổi của nhiệt độ đầu vào từ 40 – 60°C cho thấy hiệu quả xử lý TDS của hệ thống rất tốt, đạt trên 99,45%.

3.2 Sự ảnh hưởng của nhiệt độ đầu vào đến thông lượng thẩm

Nước ngầm nhiễm mặn có TDS khoảng 5.000 mg/L được sử dụng để làm đầu vào cho hệ thống DCMD. Kết quả khảo sát thông lượng của hệ thống ở các nhiệt độ 40, 50 và 60°C với màng PTFE MD có kích thước lỗ rỗng 0,45 μm được thể hiện ở Hình 3.



Hình 3: Ảnh hưởng của nhiệt độ đầu vào đến thông lượng dòng thẩm

Quá trình khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ đầu vào đến thông lượng dòng thẩm cho thấy khi nhiệt độ dòng vào tăng sẽ làm tăng chênh lệch áp suất hơi màng, do đó dòng thẩm tăng. Kết quả tương tự cũng được quan sát thấy trong nhiều nghiên cứu (Li *et al.*, 2014; Khalifa *et al.*, 2017). Cụ thể, ở nhiệt độ dòng vào tại 40 và 50°C, sự chênh lệch áp suất hơi giữa hai bề mặt màng nhỏ nên thông lượng

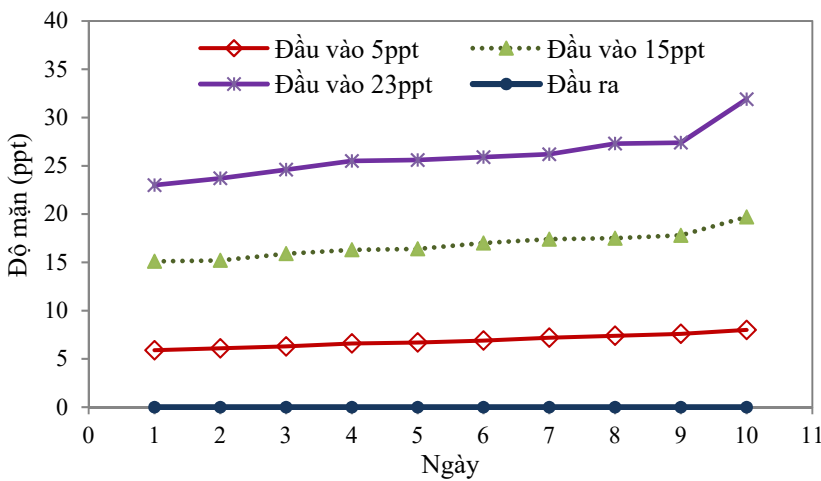
đạt được thấp, tương ứng 1,21 và 2,35 L/m²·h. Ở nhiệt độ dòng vào 60°C, thông lượng thẩm tương đối cao (4,47 L/m²·h) và lớn gấp 3,7 lần so với thông lượng đạt được ở 40°C. Tuy nhiên, khi nhiệt độ đầu vào tăng cao, màng có nguy cơ bị giãn nở, do đó áp suất hơi qua màng giảm (Shirazi *et al.*, 2014), ảnh hưởng đến chất lượng màng và hiệu quả xử lý. Cụ thể trong nghiên cứu này, khi hệ thống hoạt động ở nhiệt độ đầu vào 70°C, màng bị giãn

nở, ảnh hưởng đến chất lượng nước đầu ra. Độ dày của màng là một đặc tính quan trọng khác cũng có thể ảnh hưởng đến khả năng thẩm thấu (Shirazi *et al.*, 2014) và màng trong nghiên cứu này khá mỏng. Tuy nhiên, khi nhiệt độ đầu vào quá cao có thể dẫn đến hiện tượng bần màng, kết tủa một số hợp chất trên bề mặt của nó, có thể làm hỏng màng (Selvi *et al.*, 2014).

Dựa vào thông lượng đạt được và phân tích về chất lượng nước cất đầu ra đạt quy chuẩn chất lượng nước ăn uống QCVN 01:2009/BYT đối với tổng chất rắn hòa tan, nhiệt độ đầu vào ở 60°C là nhiệt độ tối ưu trong quá trình DCMD để xử lý nước nhiễm mặn sử dụng màng MD được làm từ PTFE.

3.3 Ảnh hưởng của độ mặn đến hiệu quả xử lý của hệ thống

Để nghiên cứu ảnh hưởng của độ mặn đến hiệu quả xử lý của hệ thống, ba cấp độ của độ mặn đã được sử dụng là 5, 15 và 23 ppt. Với cùng điều kiện nhiệt độ đầu vào 60°C, màng có kích thước 0.45 μm, kết quả khảo sát cho thấy độ mặn nước cất đầu ra bằng không (0 ppt) dù nước đầu vào có độ mặn tăng từ 5 ppt đến 23 ppt (Hình 4). Điều này chứng tỏ rằng hệ thống DCMD có khả năng xử lý được nước có độ mặn cao. Kết quả tương tự cũng được quan sát thấy trong nghiên cứu của Khalifa (2017).

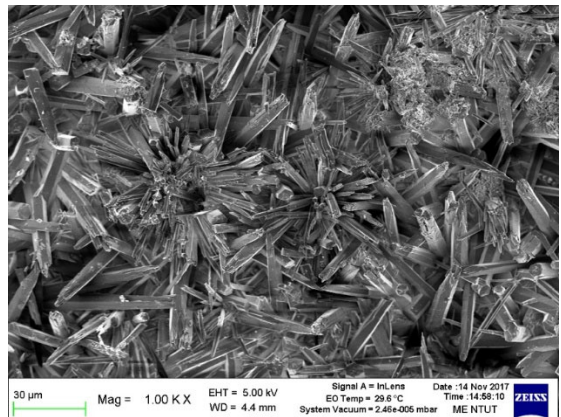


Hình 4: Ảnh hưởng của độ mặn vào đến chất lượng nước cất

3.4 Bần màng

Sau thời gian hoạt động, lớp cặn màu trắng bắt đầu xuất hiện, bám lên bề mặt màng. Chụp bề mặt Scanning Electron Microscope (SEM) được tiến hành và kết quả được thể hiện ở Hình 5.

Hình ảnh SEM có thể thấy rằng lớp tinh thể dày và có độ rỗng xuất hiện khắp bề mặt màng. Lớp tinh thể này không liên kết tạo thành màng lớn và che kín toàn bộ lỗ rỗng trên bề mặt màng mà nó bắt chéo nhau, tạo thành khoảng trống. Điều này làm cho thông lượng màng tương đối ổn định và không bị giảm bởi lớp tinh thể tích tụ trên màng. Sau khi màng bị bám dày bởi lớp tinh thể muối, tiến hành rửa bằng nước cất và để khô tự nhiên trong hai ngày, màng sau đó tiếp tục được sử dụng cho xử lý nước nhiễm mặn.



Hình 5: Hình ảnh chụp SEM của bề mặt màng sau khi màng đã sử dụng để xử lý nước nhiễm mặn

4 KẾT LUẬN

Màng MD được làm từ vật liệu PTFE với kích thước lỗ rỗng 0,45 μm đã được sử dụng trong nghiên cứu phát triển công nghệ DCMD nhằm xử lý nước nhiễm mặn ở Bến Tre. Đồng thời, việc khảo sát về ảnh hưởng của nhiệt độ nước đầu vào đối với thông lượng dòng thấm và chất lượng nước sau xử lý cũng đã được thực hiện. Quá trình khảo sát cho thấy khi nhiệt độ dòng vào tăng từ 40 đến 60°C, thông lượng dòng thấm cũng tăng lên. Tuy nhiên, nhiệt độ quá cao gây ra các môi nguy hại đến màng, gây giãn màng. Vì vậy, nhiệt độ đầu vào ở 60°C là tốt nhất trong nghiên cứu này khi sử dụng màng PTFE để chưng cất với nhiệt độ dòng mát là $22 \pm 1^\circ\text{C}$, thông lượng thấm đạt 4,47 L/m²h. Việc phát triển hệ thống DCMD đã chứng minh khả năng xử lý nước nhiễm mặn với hiệu quả xử lý TDS luôn đạt trên 99,45%.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi CARE-Rescif trong khuôn khổ đề tài mã số Tc-MTTN-2018/Trường - Care. Ngoài ra, tác giả cảm ơn sự hỗ trợ vận hành và phân tích của sinh viên Lê Thị Hương và Liu Sĩ Kín.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Duong, H.C., Cooper, P., Nelemans, B., Cath, T.Y. and Nghiem, L.D., 2015. Optimising thermal efficiency of direct contact membrane distillation by brine recycling for small-scale seawater desalination. *Desalination*. 374: 1-9.

- Eykens, L., De Sitter, K., Dotremont, C., Pinoy, L. and Van der Bruggen, B., 2017. Membrane synthesis for membrane distillation: A review. *Separation and Purification Technology*. 182: 36-51.
- Gorjian, S. and Ghobadian, B., 2015. Solar desalination: A sustainable solution to water crisis in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 48: 571-584.
- Khalifa, A., Ahmad, H., Antar, M., Laoui, T. and Khayet, M., 2017. Experimental and theoretical investigations on water desalination using direct contact membrane distillation. *Desalination*. 404: 22-34.
- Khayet, M., 2011. Membranes and theoretical modeling of membrane distillation: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*. 164: 56-88.
- Li, Z., Peng, Y., Dong, Y. *et al.*, 2014. Effects of thermal efficiency in DCMD and the preparation of membranes with low thermal conductivity. *Applied Surface Science*. 317: 338-349.
- Pugsley, A., Zacharopoulos, A., Mondol, J.D. and Smyth, M., 2016. Global applicability of solar desalination. *Renewable Energy*. 88: 200-219.
- Tijing, L.D., Woo, Y.C, Choi, J.S., Lee, S., Kim, S.H. and Shon, H.K., 2015. Fouling and its control in membrane distillation—A review. *Journal of Membrane Science*. 475: 215-244.
- Selvi, S.R. and Baskaran, R., 2014. Variation of flux in membrane distillation. *APCBEE Procedia*. 9: 97-101.
- Shirazi, M.M.A., Kargari A. and Tabatabaei, M., 2014. Evaluation of commercial PTFE membranes in desalination by direct contact membrane distillation. *Chemical Engineering and Processing*. 76: 16-25.